
炎天下駐車時における自動車室内の温度低減

研究代表者 理工学研究部（工学系） 川口 清司

(1)プロジェクトの背景・目的

近年は自動車の個人所有率が高くなり、自動車室内環境は使用者個々にとって快適な空間であることが求められている。そのため、走る、曲がる、止まるといった自動車の基本性能以外に、車室内の騒音や空調にも非常に大きな関心が集まっている。車室内空調に関しては、自動車メーカーを中心に、エネルギー効率の良いカーエアコン、コンプレッサ、低騒音・低圧力損失のダクトシステムなどの精力的な開発が続けられているが、これらは主にエンジンの稼動中に動力を一部取り出して動作させることを想定しており、駐車時、あるいは運転開始直前にあらかじめ快適な車室内環境に保つことに寄与することは難しいのが現状である。

一方、夏期炎天下においては、屋外駐車時の自動車室内空間は非常に高温となり、過酷な温熱環境になることは良く知られた事実であり、その高温環境を起因とした幼児、高齢者などの熱中症なども報告されており、深刻な問題となっている。

この問題点に対し、従来は、車室内の大幅な温度上昇を防ぐためにソーラーベンチレーションシステムという太陽電池と電動モーターファンを併用した換気装置を取り付けていたが、装置導入コストやデザインの観点からほとんど普及には至っていない。一般的には、日射を反射させるアルミシートをダッシュボード上に設置したりしているが、必ずしも効果があるとは言えない。また、駐車中にカーエアコン動作を行うためにエンジンを動かすことは、都市温暖化問題、地球温暖化問題、エネルギー・資源枯渇等の問題の観点から好ましくなく、ウィンドウを開けておくことも防犯の観点から問題がある。そのため、駐車中でもエンジンやバッテリー動力を必要とせずに換気を行うことができれば、駐車時の車室内の温熱環境改善に大きく資することが可能となると言える。

このような背景を踏まえ、本プロジェクトでは、真夏の炎天下駐車時における車室内温度低減を狙いとして、太陽エネルギーを利用する駐車中でもエンジンやバッテリー動力を必要としない環境調和型の新しい高効率換気装置を低コストで開発し、駐車時等の換気に利用することを目的としている。

(2)研究成果

研究実施内容

本研究プロジェクトの中では、本年度は主に下記の3つの内容に関して研究を行った。

1) 夏期炎天下における駐車自動車室内の温熱環境の把握

換気装置開発のための基礎データを得ることを目的として、典型的な5人乗りセダン型乗用車を対象に、夏期炎天下における屋外駐車時に、日射の日変化とともに車内も表面・空気温度がどのような変化を示すかを熱電対および日射計を利用して計測を行った。さらに、ブロワにより車室内の高温空気を強制排気させ、換気流量や換気風向を変化させた場合の車内各部の温度測定を行った。

2) 自動車室内温熱環境の数値モデルの開発

夏期の強い日射を受ける車内の表面・空気温度場の再現を目的として、車室内温熱環境数

値モデルの開発を行った。さらに、車室内後方に設置した換気ファンにより車室内高温空気を強制排気させたと想定し、その換気流量を変化させた時の数値シミュレーションを行い、セダン型乗用車を対象とした実際の夏期炎天下における温度計測実験結果との比較を行った。

3) 低温度差熱アクチュエータを用いたプロトタイプ換気システムの開発

研究成果

上記の実験等で確認した車室内で発生する温度差 40-50K を利用した低温度差熱アクチュエータを駆動源とし、クローズドランキンサイクルを用いたプロトタイプ換気システムの設計・製作を行った。

1) 夏期炎天下における駐車自動車室内の温熱環境の把握

夏期炎天下において水平・真南向き屋外駐車車両の温度測定を行い、また、ブロワによる換気（強制排気）の有無の場合の計測結果を比較して以下の知見を得た。

(1) 夏期日射条件の下では、車室内を閉めきった状態ではフロントダッシュボード表面温度は最高で 95℃ を超え、また、運転席空気温度は 65~70℃ 程度まで上昇した。比較的温度の低い後部座席足元付近でも 45℃ 程度まで温度上昇することから、屋外駐車中の自動車内部は非常に過酷な温熱環境となることが判った。（図 1~4）

(2) ブロワを用いて車室内後方より強制排気を行う換気を行った場合は、運転席近傍の温度低減効果は、フロント流入ダクトのどの風向設定でも換気流量を増加するとともに大きくなった。とくにフロント流入ダクト方向を水平にし、換気流量 150m³/h の時には、運転席空気温度は最大 18~22K 程度の温度低減可能となることが判った。ドライバーの手が触れるハンドル表面温度に関しても、同じ傾向を示した。

(3) 後部助手席側空気温度の時間変化の比較から、換気無しの場合には空気温度が 12:00 頃に 75℃ 程度まで上昇するのに対して、換気流量 150m³/h の時には 45~50℃ にまで温度低減できることがわかった。また、車室内前部の温度低減効果よりも、後部のほうが換気による温度低減効果が大きく、その理由としては、フロント流入ダクト以外の車内の様々な隙間からの流入外気との混合割合が後部排気ダクトに近いほうが高くなることと、直接日射を受ける面積が少ないことが考えられる。

2) 自動車室内温熱環境の数値モデルの開発

夏期炎天下における屋外駐車時の自動車室内の温熱環境を予測するために新しく数値解析コードを開発し、数値シミュレーションおよび計測結果との比較を行って以下の知見を得た。

(1) 夏期の 12 時頃に南向きに駐車した自動車を想定して計算を行った結果、換気無しの場合には、車室内は強い温度成層を形成しており、フロントダッシュボードおよび、リアダッシュボード（リアパネル）上の表面温度が最も高く、およそ 370K 程度の高温となっていることが判った。一方、日射のあたらないフロント足元表面などは 310K 程度にとどまっており、最も温度の低い位置であることがわかった。また、換気有りの場合でも、換気無しの結果とほぼ同様にフロントダッシュボードおよび、リアダッシュボード（リアパネル）上の表面温度が高く、およそ 360K 程度の高温となっていることが判り、日射の影響が非常に大きいことが示唆される。（図 5~7）

(2) 日射量変動の少ない昼 12 時頃の実験結果と計算結果からの比較から、本数値解析モデルの使用により、概ね表面温度が ±10K、空気温度 ±5K の範囲で予想可能であることを示した。

(3) 入り口空気流入ダクトにおける風向および風速への温度低減効果の依存性を調べ、温度低減効果の評価点として、運転席中心線上のドライバー頭部付近の空気を対象にした場合、

入り口ダクトが単一の時には、運転席座面に向かってやや下方に向かう方向が、温度低減効果が最も高くなった。また、流入ダクトの風速に比例して温度が低減される結果が得られた。

3) 低温度差熱アクチュエータを用いたプロトタイプ換気システムの開発

プロトタイプ換気システムを用いて動作試験・性能試験を行った結果、180～330rpm での約1時間の連続自立運転に成功した(図8)。しかしながら、本装置では外部からの動力供給を行うことなく太陽エネルギーによって発生した温度差のみをエネルギー源として稼動することを想定しているため冷媒を送るポンプを使用していない。そのため、装置に封入した冷媒の循環が間欠的になること、また、換気ファンをさらに高回転数(～1000rpm)で回転させるには、冷媒の蒸発部(ボイラー)、凝縮部(コンデンサ)、タービンノズル、カップリングなどの各要素のさらなる改良が必要であることが判った。

なお、以上の結果を下記の論文等に投稿・発表した(投稿予定含む)。

- 1) Wakashima, S., K. Kawaguchi, K. Okui and T. Okano, "Temperature Measurements of a Parking Automobile under Summer Solar Radiation", *Journal of Japan Solar Energy Society*, Vol.33, No.1 (2007), pp.57-64.
- 2) Wakashima, S., K. Kawaguchi, K. Okui and T. Okano, "On Development of Numerical Thermal Environmental Model of a Parking Automobile under Summer Solar Radiation (Comparison with measurement results without ventilations)", *Transaction of Japan Society of Mechanical Engineers Series B*, (to be submitted).
- 3) Wakashima, S., K. Kawaguchi, K. Okui and T. Okano, "On Development of Numerical Thermal Environmental Model of a Parking Automobile under Summer Solar Radiation (Comparison with measurement results with ventilations)", *Transaction of Japan Society of Mechanical Engineers Series B*, (to be submitted).
- 4) 若嶋 振一郎, 川口清司, 奥井健一, 岡野孝広, "夏期炎天下における駐車自動車室内の温熱環境数値モデルの開発", 日本機械学会北陸信越支部第44回講演会論文集, (2007.3, 金沢).

(3)プロジェクト成果(特許, 起業, 技術移転等)

本年度中は特許・企業・技術移転に直接結びつく新しい技術開発には至らなかったが、今後、換気システムの各要素個別の性能向上およびシステム全体のコンパクト化により、技術の特許化、製品化に結びつく可能性がある。

(4)プロジェクト成果の応用・効果・構想(起業計画, 市場での応用・効果, 特許化構想等)

本換気システムを低コストに開発することができれば、自動車業界での自動車室内換気装置としての応用だけでなく、例えば住宅、工場などの空調衛生分野など換気システムが大きく関わる分野におけるニーズにも対応できることになり、非常に大きな市場が見込まれる。

また、本システムは原理的に換気動力を低温度差熱源から取り出すことが可能であり、各種廃熱の再生利用、コージェネレーションの促進などに資することができ、化石燃料の枯渇化、都市温暖化、地球温暖化などエネルギー・資源問題や環境問題に対しても、解決策の一つとして大きく貢献できると期待される。

(5)利用施設

VBLの施設等は、とくに利用実績なし



図1 温度計測風景

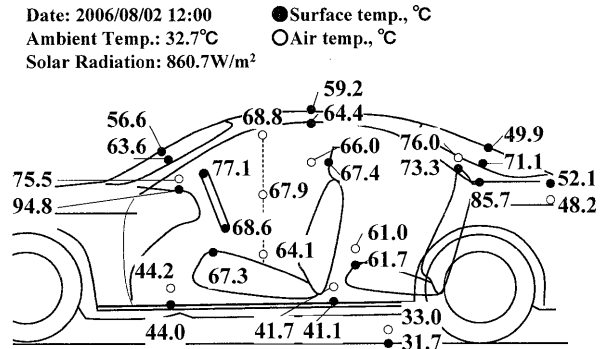


図2 温度計測結果 (換気無し)

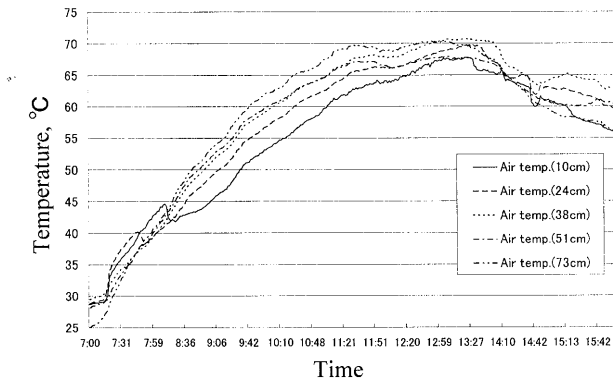


図3 車室内温度の時間変化
(換気無し, 運転席中心各高さの空気温度)

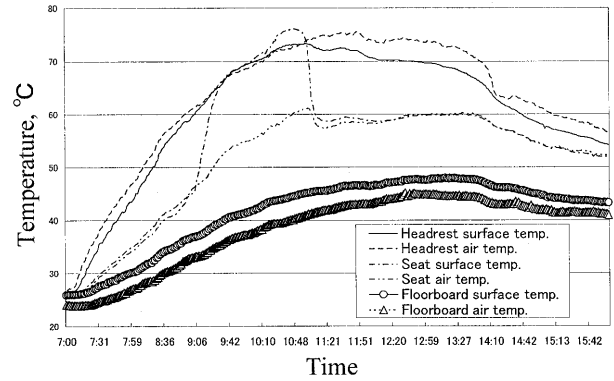


図4 車室内温度の時間変化
(換気無し, リアシート各所の温度変化)

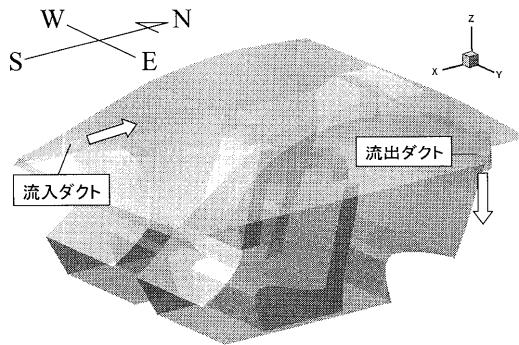


図5 数値計算モデルの概要

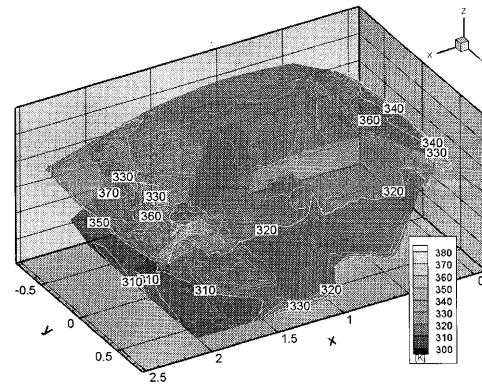


図6 数値計算結果 (表面温度分布)

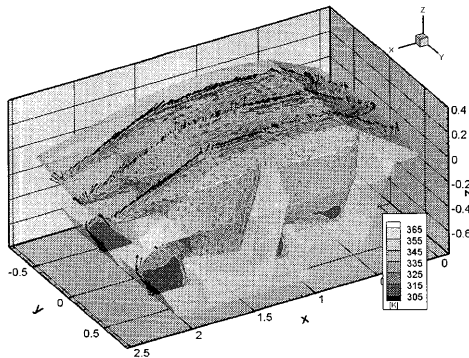


図7 数値計算結果 (室内空気温度分布)

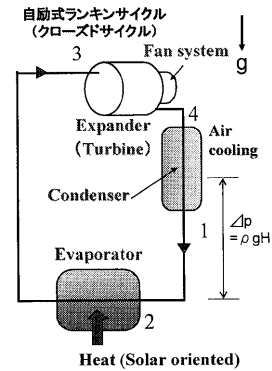


図8 換気システムの概要